

*О. І. Кагітін, Р. Б. Веселівський**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2482-8422> – О. І. Кагітін<https://orcid.org/0000-0003-3266-578X> – Р. Б. Веселівський

roman_veselivskuy@yahoo.com

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕДУРИ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ЗБІРНИХ СИСТЕМ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ НА ПОШИРЕННЯ ВОГНЮ

Мета. Обґрунтування методики натурних вогневих випробувань збірних систем фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками на поширення вогню, суть якого не суперечить чинним вимогам національних будівельних норм та стандартів щодо забезпечення пожежної безпеки будівель, з урахуванням підходів до оцінювання здатності фасадних систем поширювати вогонь по зовнішній поверхні, а також багаторічного практичного досвіду випробування таких систем в Україні.

Методи. Під час виконання роботи використано аналітичний метод досліджень для аналізу національних стандартів та інших джерел інформації щодо пожежної небезпеки збірних систем фасадної теплоізоляції будинків і споруд з опорядженням штукатурками та методів її оцінювання; виконано експериментальні дослідження температурного режиму у вогневій камері дослідного фрагменту будинку, при застосуванні в ній стандартизованого модельового вогнища пожежі з деревини, і при різних умовах навоколишнього середовища.

Результати. Під час експериментальних досліджень було визначено граничні значення вологості деревини у модельовому вогнищі пожежі і температури повітря зовні фрагменту будинку, за яких під час випробувань температурний режим у вогневій камері фрагменту будинку з пожежним навантаженням відповідає стандартному температурному режиму. Обґрунтовано параметри випробувального обладнання і процедуру проведення випробувань збірних систем фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками на поширення вогню. Обґрунтовано тривалість випробування, яка становить 30 хв, виходячи із максимального значення нормованої межі вогнестійкості для зовнішніх не несучих стін. Обґрунтовано необхідність у класифікації систем фасадної теплоізоляції у двох класифікаціях “збірна система фасадної теплоізоляції, що не поширює вогонь” та “збірна система фасадної теплоізоляції, що поширює вогонь”, при цьому для першої, з метою підвищення достовірності результатів випробувань, запропоновані більш деталізовані критерії оцінювання.

Висновки. В результаті проведеного аналізу вимог пожежної безпеки збірних систем фасадної теплоізоляції зовнішніх стін будинків і споруд та методів їх оцінювання встановлено, що: збірні конструкції фасадів, в яких застосовуються горючі теплоізоляційні утеплювачі та горючі опоряджувальні матеріали, підвищують ризик виникнення пожеж та поширювання вогню по поверхні будівель і споруд на значну площу; у вітчизняних будівельних нормах здатність збірних систем не поширювати вогонь по фасаді визначена як одна з основних характеристик, залежно від якої допускається улаштування конструкцій із горючою фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатуркою або дрібноштучними виробами для будівель та споруд з умовною висотою більше ніж 9 м, і яка підтверджується виключно натурними вогневими випробуваннями за відповідною національною методикою.

Запропоновано підхід щодо визначення розширеної сфери застосування результатів випробувань збірної системи фасадної теплоізоляції.

Ключові слова: теплоізоляційно-оздоблювальна система (ТОС), конструкція зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією, стандартний температурний режим пожежі, поширення полум'я по фасаді.

*О. І. Кагітін, Р. Б. Веселівський**Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

SUBSTANTIATION OF THE PROCEDURE FOR TESTING COMBINED FACADE THERMAL INSULATION SYSTEMS FOR FIRE SPREAD

Purpose. Substantiation of the methodology for full-scale fire tests of prefabricated facade thermal insulation systems with plaster finishing for fire spread, the essence of which does not contradict the current requirements of national building codes and standards for ensuring fire safety of buildings, taking into account approaches to assessing the ability of facade systems to spread fire on the outer surface, as well as many years of practical experience in testing such systems in Ukraine.

Methods. In the work, an analytical research method was used to analyse national standards and other sources of information on the fire hazard of prefabricated facade thermal insulation systems for buildings and structures with plaster finishes and methods for its assessment; experimental studies of the temperature regime in the fire chamber of the experimental fragment of the building, when a standardised model fire of wood was used in it, and under various environmental conditions were performed.

Results. During the experimental studies, the limit values of wood humidity in a model fire and air temperature outside the building fragment were determined, at which the temperature regime in the fire chamber of a building fragment with a fire load corresponds to the standard temperature regime during the tests. The parameters of the test equipment and the procedure for testing prefabricated facade thermal insulation systems with plaster finishes for fire spread are substantiated. The test duration of 30 minutes is substantiated, based on the maximum value of the standardised fire resistance limit for external non-bearing walls. The necessity of classifying facade thermal insulation systems into two classifications "prefabricated facade thermal insulation system that does not spread fire" and "prefabricated facade thermal insulation system that spreads fire" is substantiated, while for the first, to increase the reliability of test results, more detailed evaluation criteria are proposed.

Conclusions. As a result of the analysis of fire safety requirements for prefabricated systems of facade thermal insulation of exterior walls of buildings and structures and methods for their evaluation, it was found that: prefabricated facade structures that use combustible thermal insulation and combustible finishing materials increase the risk of fire and fire spread over the surface of buildings and structures over a large area; in domestic building codes, the ability of prefabricated systems not to spread fire over the facade is defined as one of the main characteristics, depending on which it is allowed to.

An approach is proposed to determine the extended scope of application of the test results of a prefabricated facade thermal insulation system.

Keywords: thermal insulation and finishing system, construction of exterior walls with facade thermal insulation, standard fire temperature regime, flame spread along the facade.

Вступ. Влаштування будівель і споруд з фасадними утепленими конструкціями зовнішніх стін є досить поширеним і популярним будівельним рішенням як у нашій країні, так і за кордоном. Роботи з утеплення можуть проводитися як на нових об'єктах, так і під час реконструкції або капітального ремонту наявних будівель. Крім зовнішніх, внутрішніх і підвальних стін, сучасні теплоізоляційні матеріали використовують для утеплення дахів, стель і підлог. Оскільки ці матеріали, залежно від своїх властивостей, можуть бути як негорючими, так і горючими, то для зниження ризику виникнення пожежі та її негативних наслідків необхідно приділяти належну увагу і вивчити питання забезпечення їх пожежної безпеки.

Крім того, випадки резонансних пожеж, що відбулися останніми роками в усьому світі, з інтенсивним розповсюдженням вогню через фасад будівлі, демонструють її особливу пожежну небезпеку, що безпосередньо залежить від конструктивних особливостей будівлі, типу використовуваного утеплювача і параметрів самої пожежі. Найпоширенішою причиною пожежі в конструкціях зовнішніх стін із фасадним утеплювачем є поширення вогню через віконні прорізи внаслідок пожежі всередині будівлі [1].

Постановка проблеми.

У нормативних документах [2-6] оцінювання пожежної безпеки фасадних систем проводять за такими методами випробувань:

1. Негорючість (НГ) – згідно з ДСТУ 8829 [7] за методами, визначеними в ДСТУ EN ISO 1716 [8] і ДСТУ EN ISO 1182 [9].

2. Група горючості (Г1 – Г4) – згідно з ДСТУ 8829 [7]. За результатами випробувань горючі (Г) будівельні матеріали залежно від отриманих значень параметрів горючості, відносять до однієї з чотирьох груп – Г1, Г2, Г3, Г4. Якщо за різними параметрами матеріал має бути віднесений до різних груп горючості, то його відносять до більш небезпечної.

3. Група займистості (В1 – В3) згідно з ДСТУ Б В.1.1-2 (ГОСТ 30402) [10]. Суть методу випробувань полягає у визначенні параметрів займистості матеріалу при заданих стандартом рівнях впливу на поверхню зразка променистого теплового потоку та полум'я від джерела запалювання. Поверхнева густина теплового потоку повинна перебувати у межах від 10 кВт/м² до 50 кВт/м². Для класифікації матеріалів за групами займистості визначають критичну поверхневу густина теплового потоку (КПТП) та проміжок часу від початку випробування до займання зразка. За результатами випробувань горючі будівельні матеріали залежно від значення критичної поверхневої густини теплового потоку відносять до однієї з трьох груп – В1, В2, В3.

4. Здатність поширювати вогонь по зовнішній поверхні – згідно з «Методикою натурних вогневих випробувань теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін будинків і споруд на поширення вогню УкрНДПБ МНС України» [11]. Суть методу випробувань полягає у визначенні величини пошкоджень та підвищення температури всередині теплоізоляційно-оздоблювальної системи (ТОС), нанесеної на фрагмент двоповерхової будівлі (рис. 1), в якому створюється протягом 30 хв температурний режим, наближений до стандартного за ДСТУ Б В.1.1-4* [12].

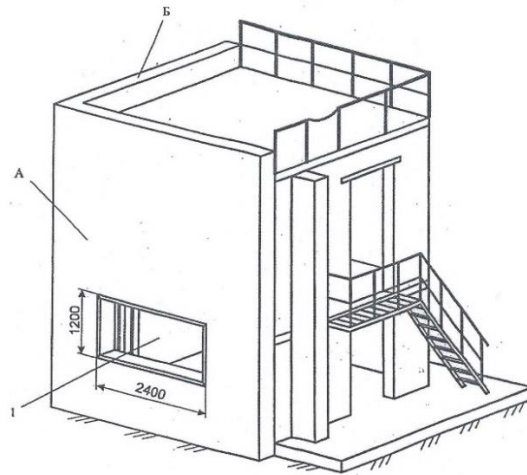


Рисунок 1 – Фрагмент будівлі для випробування фасадної системи на поширення вогню [11]

Фасадна теплоізоляція наноситься на стіну А, а також на частину стіни Б на відстані 1,0 м від краю стіни А.

Слід наголосити, що крім описаних вище методик, в Україні методи оцінювання пожежної небезпеки конструкцій зовнішніх стін із фасадним утеплювачем визначено в національних стандартах ДСТУ Б В.1.1-21 [13] і ДСТУ Б В.1.1-22 [14]. Однак протягом 10 останніх років методи випробувань, описані в цих двох стандартах, не знайшли практичної реалізації в Україні.

Враховуючи прагнення України до інтеграції в європейську спільноту, на даний час в державі розроблено та впроваджено Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд [15], згармонізований з Регламентом (ЄС) № 305/2011 Європейського парламенту від 9 березня 2011 року. Цей регламент базується на положеннях Директиви Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 року про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів.

Для зовнішніх стін з фасадною тепловою ізоляцією для обмеження поширення вогню та диму з одного протипожежного відсіку в інший по пустотах усередині фасадів і по зовнішній поверхні фасадів необхідно визначати характеристики щодо «реакції на вогонь» їх складових, в Україні ця вимога визначена в [3] та в ДСТУ-Н Б ETAG 017:2013 *Настанова з європейського технічного ухвалення комплектів ізоляції. Збірні системи для зовнішньої ізоляції стін (ETAG 017:2005, IDT)*, а також «здатності поширювати вогонь» фасадної системи в цілому. Зокрема, оцінювання «здатності поширювати вогонь» фасадних систем може бути здійснено шляхом проведення середньомасштабних і великомасштабних випробувань за стандартами ДСТУ Б.В.1.1-21-2009 [13] та ДСТУ Б.В.1.1-22-

2009 [14]. Однак, на сьогоднішній день, в будівельних нормах України відсутні вимоги до показників щодо «реакції на вогонь», в тому числі і до складових фасадної теплової ізоляції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Експериментальні та чисельні дослідження поширення полум'я поверхнею фасадної системи конструкції будівель із зовнішнім утепленням та штукатурним облицюванням залишаються актуальними і сьогодні.

В роботі [16] автори проаналізували характеристики процесів, що відбуваються під час горіння утеплювача та облицювання фасадної системи будинку. Наведено типові сценарії поширення пожежі конструктивними поверхнями фасадного утеплювача та по зовнішніх стінах, оздоблених горючою теплоізоляційною штукатуркою. Описано механізм поширення вогню через віконні прорізи поверхнею фасадного утеплювача на основі пінополістиролу.

У роботі [17] досліджено та проаналізовано типи, конструктивні особливості, призначення та функції протипожежних поясів та віконних (дверних) прорізів, оздоблених негорючими матеріалами, що розміщуються всередині фасадних утеплювачів та оштукатурених зовнішніх стінових конструкцій.

У роботі [18] за допомогою комп'ютерного моделювання параметрів вогневих випробувань систем фасадної теплоізоляції на розповсюдження пожежі отримано числові та графічні показники, що характеризують процеси виникнення, розповсюдження та розвитку пожежі поверхнею систем фасадної теплоізоляції будівель. Визначено вплив зовнішньої вертикальної огорожувальної конструкції на поширення пожежі по поверхні конструкції горючої фасадної теплоізоляційної системи.

В роботі [19] автори проаналізували та систематизували основні методи оцінювання поширення пожежі по фасадах будівель. Виявлено переваги та недоліки існуючих методик та відповідних стендів Європи та інших країн щодо оцінювання ефективності заходів з обмеження поширення фасадних пожеж.

Мета роботи. Метою роботи було обґрунтування методики натурних вогневих випробувань збірних систем фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками на поширення вогню, суть якого не суперечить чинним вимогам національних будівельних норм та стандартів щодо пожежної безпеки будівель, з урахуванням підходів до оцінювання здатності фасадних систем поширювати вогонь по зовнішній поверхні, а також багаторічного практичного досвіду випробування таких систем в Україні.

Методи досліджень.

Використано аналітичний метод досліджень (аналіз вітчизняної та закордонної нормативної бази, керівних та технічних документів, інформаційних проспектів, посібників, довідників, протоколів випробувань та інших літературних джерел, інформації мережі Internet) та експериментальний метод досліджень температурного режиму у вогневій камері дослідного фрагмента будинку.

Під час виконання роботи проведено аналіз національних стандартів та інших джерел інформації щодо пожежної небезпеки збірних систем фасадної теплоізоляції будинків і споруд з опорядженням штукатурками та методів її оцінювання; експериментально досліджено температурний режим у вогневій камері дослідного фрагмента будинку, при застосуванні в ній стандартизованого модельного вогнища пожежі з деревини, і за різних умов навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу.

Для забезпечення збіжності (повторюваності) результатів випробувань систем фасадної теплоізоляції на поширення вогню необхідно, щоб у кожному випробуванні були однакові

теплові впливи на їхню зовнішню поверхню. Тепловий вплив на зовнішню поверхню системи фасадної теплоізоляції під час натурних вогневих випробувань визначається параметрами полум'я, яке поширюється з вогневої камери фрагмента будинку крізь віконний проріз. Цими параметрами є температура, ширина, глибина, довжина полум'я, а також його відхилення відносно фасаду будинку [20]. На ці параметри можуть впливати вологість деревини у модельному вогнищі пожежі і вологість повітря зовні фрагмента будинку [21].

Визначати параметри полум'я, яке поширюється крізь віконний проріз, зокрема, його геометричні показники, з достатньою точністю є проблематичним через відсутність відповідних засобів вимірювальної техніки. Прийнятним для систем фасадної теплоізоляції, на нашу думку, є підхід, який застосовано для забезпечення збіжності (повторюваності) результатів випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість. Згідно з ним встановлено, що під час випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість температурний режим в печі має відповідати стандартному температурному режиму – номінальному температурному режиму з допустимими відхиленнями від нього [12]. Температурний режим у вогневій камері (приміщенні) фрагмента будинку також впливає на параметрами полум'я, яке поширюється з цієї камери крізь віконний проріз.

Отже метою наших експериментальних досліджень було визначення граничних значень вологості деревини у модельному вогнищі пожежі і температури повітря зовні фрагмента будинку, за яких під час випробувань температурний режим у вогневій камері фрагмента будинку з пожежним навантаженням відповідає стандартному температурному режиму [12].

Фрагмент будинку, що використовується в експериментальному дослідженні, являє собою двоповерхову будівлю загальною висотою 5,6 м, згідно з [11], її загальний вигляд показано на рисунку 2.



Рисунок 2 – Загальний вигляд фрагмента будинку для проведення експериментальних досліджень

Приміщення першого поверху є вогневою камерою і призначене для створення у ньому температурного режиму, наближеного до стандартного температурного режиму, який регламентовано стандартом ДСТУ Б В. 1.1-4 і визначається залежністю:

$$T_s = 345 \lg(8t + 1) + 20 \quad (1)$$

де T_s – температура у вогневій камері, яка відповідає часу t , °C;

t – час що віраховується від початку випробування, хв.

У приміщенні першого поверху будинку, висотою 2,6 м і площею підлоги 13,5 м², з віконним

прорізом розмірами (1,2 x 2,4) м, встановлювали стандартизоване модельне вогнище пожежі, відповідно до [22], у вигляді штабеля брусків з деревини, який складався з 18-ти повних ярусів та одного неповного. Кожен поперечний ярус складався з 14 елементів довжиною 1,22 м, а кожен повздовжній – з 7 елементів довжиною 2,44 м. Верхній ярус складався з 3 елементів довжиною 2,44 м.

Нижче у таблиці 1 узагальнено результати раніше проведених випробувань ТОС на поширення вогню та дані відповідних експериментальних досліджень, отриманих впродовж 2019-2023 років.

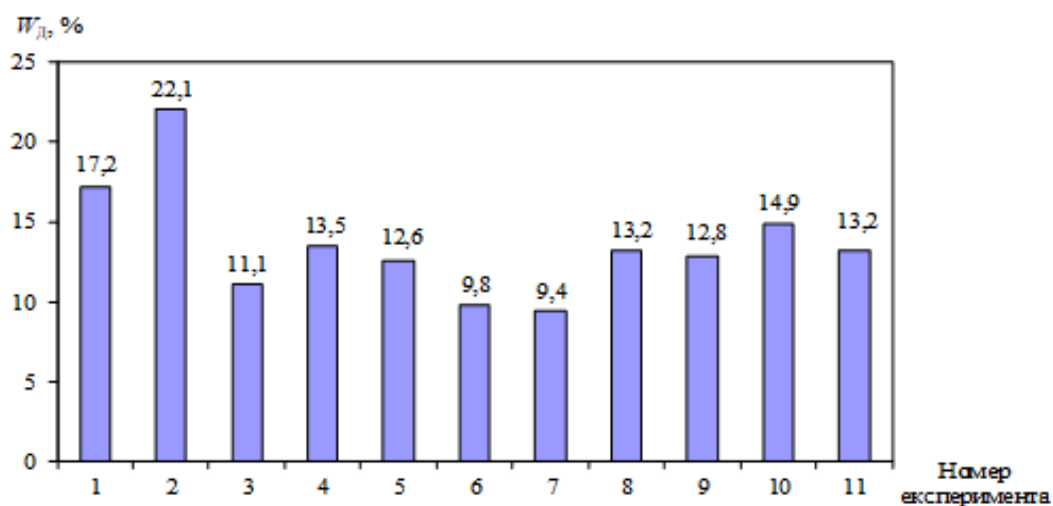
Таблиця 1

Дані щодо вологості деревини і умов навколишнього середовища

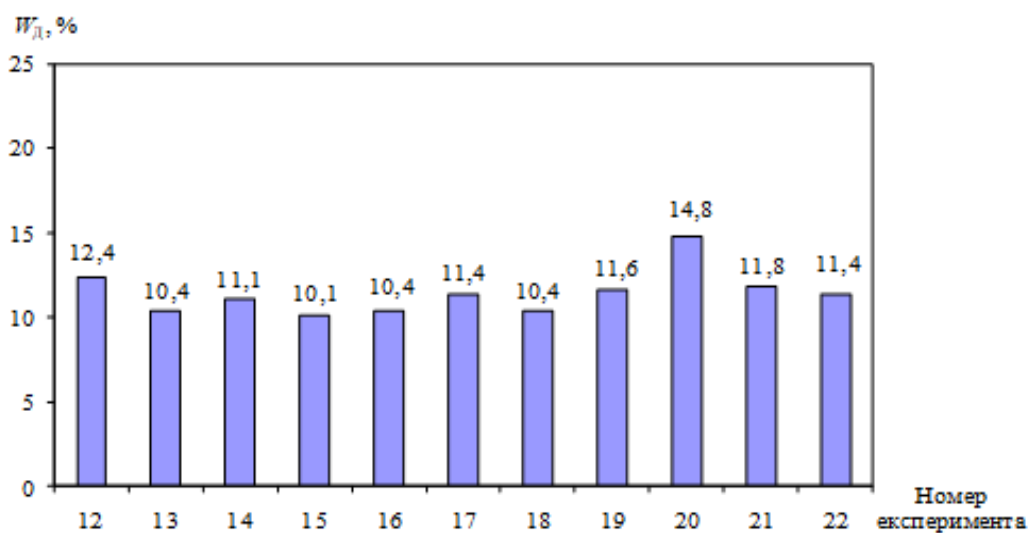
Номер експерименту	Відносна вологість деревини, W_d , %	Температура повітря, T_p , °C	Відносна вологість повітря, W_p , %	Інтегральне значення середньої температури A_t , °C, хв
1	2	3	4	5
1	17,2	24,8	62	16180
2	22,1	9,0	98	17228
3	11,1	17,0	43	21130
4	13,5	25,0	51	21581
5	12,6	23,2	61	21591
6	9,8	15,8	42	22097
7	9,4	21,4	46	22474
8	13,2	24,4	40	22639
9	12,8	14,2	62	22742
10	14,9	31,0	36	23470
11	13,2	26,0	55	23612
12	12,4	23,4	44	16372
13	10,4	32,2	46	17335
14	11,1	5,6	72	22131
15	10,1	9,4	68	23674
16	10,4	23,4	70	22581
17	11,4	29,4	42	22184
18	10,4	7,8	54	23316
19	11,6	21,6	58	22726
20	14,8	19,4	54	22752
21	11,8	20,2	64	23480
22	11,4	5,2	64	23652
23	14,8	26,8	46	17272
24	15,0	29,8	48	18342
25	14,2	17,6	74	22143
26	14,9	5,8	54	23685
27	14,8	21,8	44,6	22623
28	14,2	29,2	68	22232
29	13,4	26,2	48	23412
30	14,8	21,8	64	22725
31	12,4	9,6	84	22761
32	11,8	21,2	44	23472
33	11,4	27,4	25	23643

Всього проаналізовано результати 33 експериментів, в яких застосовували зазначене модельне вогнище пожежі з деревини, що мало різні для кожного вогнища середні значення відносної вологості деревини W_d – від 9,4 % до 22,1 % (рис. 3).

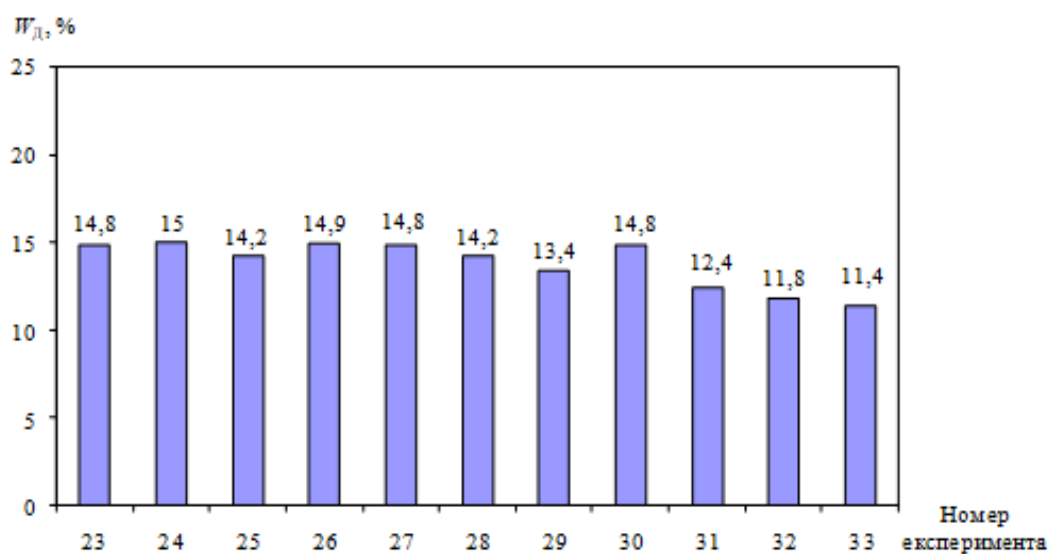
Експериментальні дані отримані у різних умовах навколишнього середовища: температура повітря T_p становила від 5,2 °C до 32,2 °C (рис. 4) та його відносна вологість W_p – від 25 % до 98 % (рис. 5).



а)

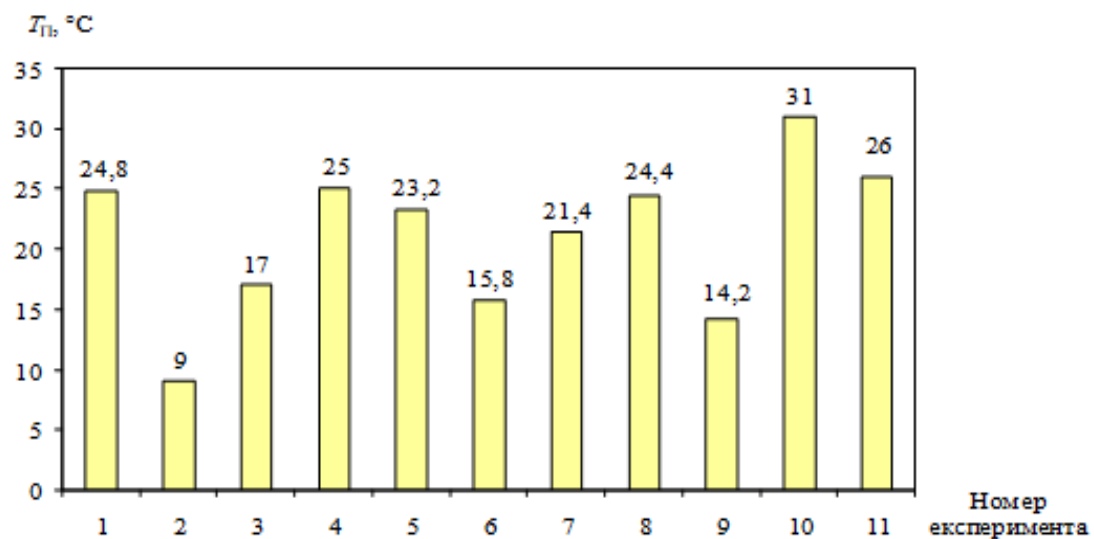


б)

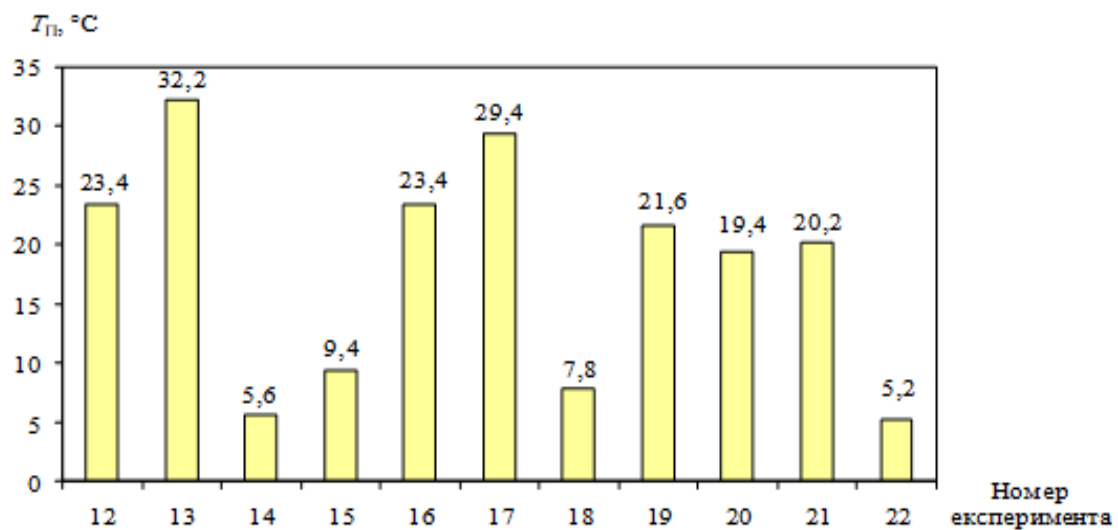


в)

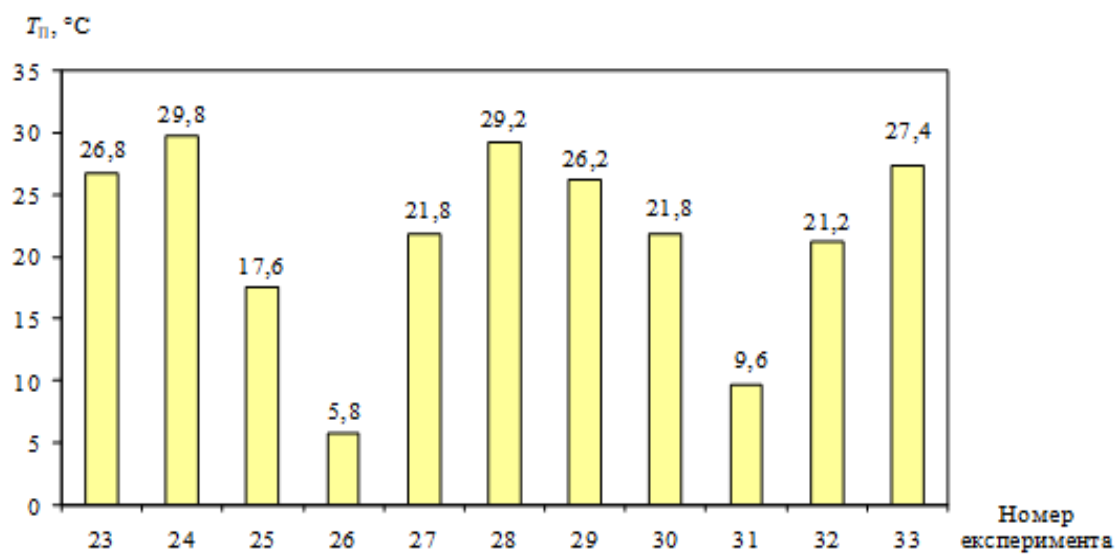
Рисунок 3 – Діаграма значень відносної вологості деревини модельного вогнища пожежі



а)



б)



в)

Рисунок 4 – Діаграма значень температури повітря

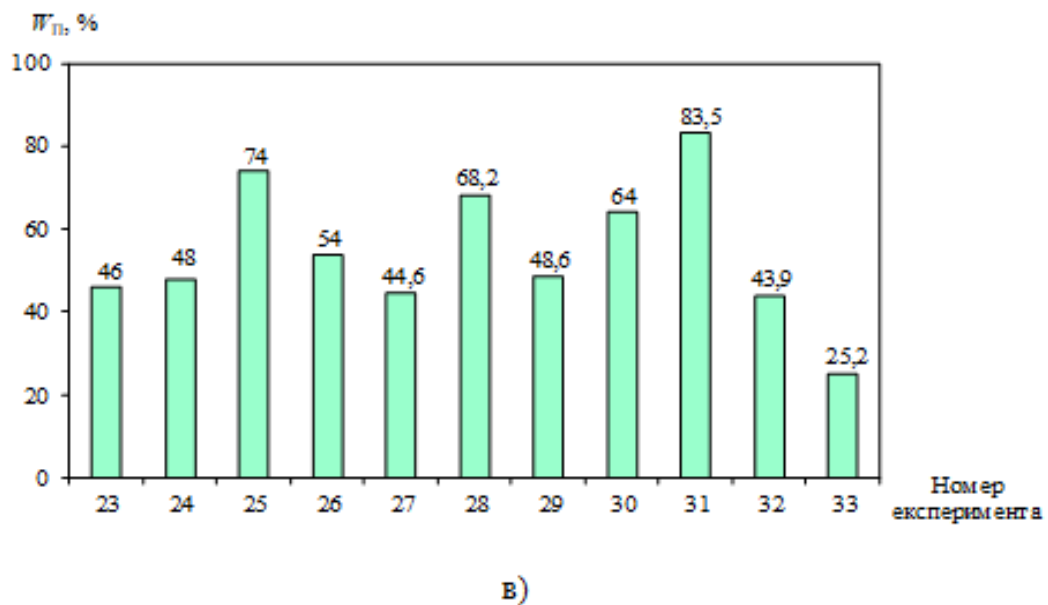
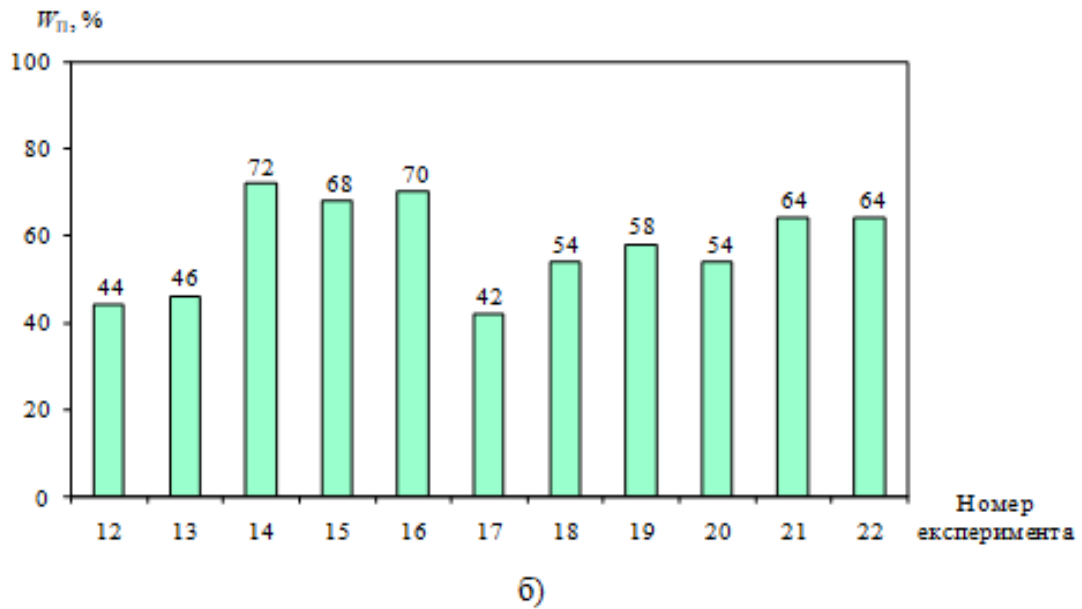
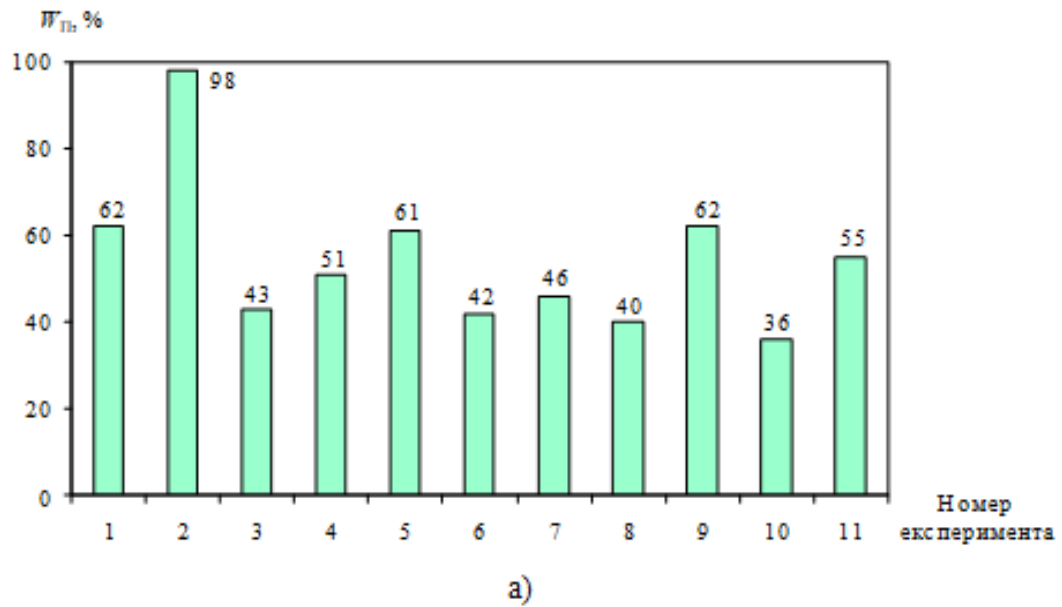


Рисунок 5 – Діаграма значень відносної вологості повітря

Можливість застосування ТОС для оздоблення фасадів будинків різних за призначенням, висотою (поверховістю) та ступенем їх вогнестійкості визначається залежно від результатів випробувань, одержаних за цією методикою та показників горючості матеріалів

теплоізоляційного та опоряджувального шарів цієї ТОС, які визначаються згідно з пожежно-технічною класифікацією ДБН В.1.1-7.

На рисунку 6 наведено залежності температур T_s , T_{min} , T_{max} від часу вогневого впливу для проміжку часу 30 хв [12].

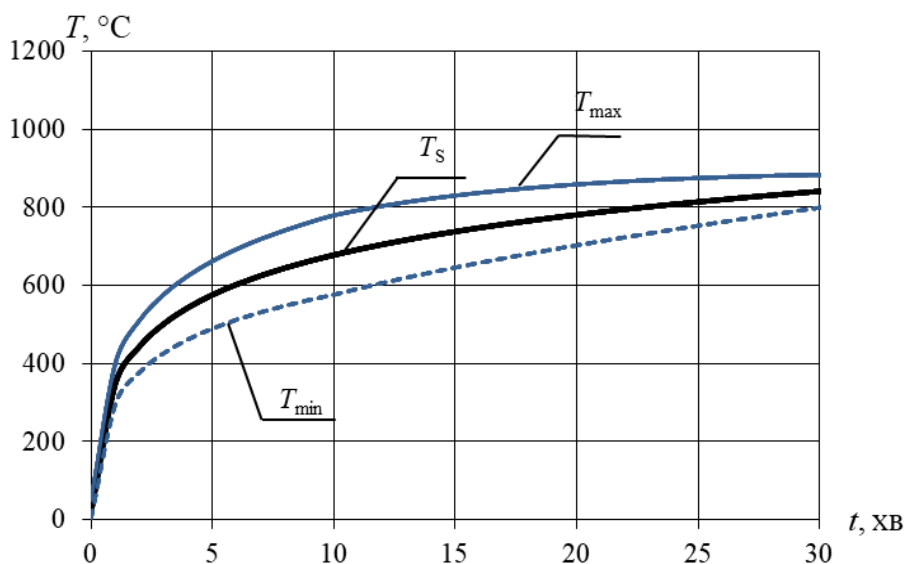


Рисунок 6 – Залежності T_s , T_{min} , T_{max} від часу вогневого впливу

Із вищезазначеного можна зробити висновок про те, що у разі застосування модельного вогнища пожежі, конструкція якого відповідає ДСТУ Б В.1.1-18 [22], для створення стандартного температурного режиму за ДСТУ Б В.1.1-4 [12] у приміщенні висотою 5,6 м, площею підлоги 13,5 м², з віконним прорізом розмірами (1,2 м x 2,4) м необхідно застосовувати деревину, яка має відносну вологість не більше ніж 15,0 %, і такі умови проведення випробувань: температура повітря – не менша ніж 5 $^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря – не більша ніж 85 %.

Цей висновок ґрунтується на тому, що значення відхилення температурного режиму в приміщенні від стандартного температурного режиму є незначними і ними можна знехтувати, враховуючи невизначеність залежності між температурою продуктів горіння в приміщенні і вологістю деревини брусків модельного вогнища.

Під час випробування вогонь, який поширюється з приміщення фрагмента будинку крізь віконний проріз, здійснює тепловий вплив на зовнішню поверхню системи фасадної теплоізоляції. Протягом 30 хв випробування вимірюють температуру у приміщенні, біля зовнішньої поверхні і всередині (в шарі утеплювача) системи фасадної теплоізоляції.

Тривалість випробування, яка становить 30 хв, можна обґрунтувати, виходячи із максимального значення нормованої межі вогнестійкості для

зовнішніх не несучих стін, яке наведено в ДБН В.1.1-7 [2]. У цих будівельних нормах наведено, що для будинків I, III і IIIБ ступенів вогнестійкості межа вогнестійкості зовнішніх не несучих стін має бути не менша ніж 30 хв, а для будинків інших ступенів вогнестійкості – не менша ніж 15 хв.

В методиці [11] зазначено, що за результатами вимірювання температур проводять порівняння максимальних значень температури в утеплювачі, визначені для контрольних точок, з температурою займання утеплювача, а за відсутності даних щодо цієї температури займання, приймають температуру 400 $^{\circ}\text{C}$. Вважаємо за доцільне для підвищення достовірності результатів випробувань підкреслити, що максимальні значення температури в утеплювачі можна також прирівнювати до експериментально-визначених температур його займання.

Також, з метою підвищення достовірності результатів випробувань, зокрема щодо способу фіксації факту поширення чи непоширення вогню по зовнішній поверхні системи фасадної теплоізоляції, доцільним є уточнити та доповнити критерії їх віднесення до таких, що не поширюють полум'я поверхнею.

Нижче у таблиці 2 наведено порівняння критеріїв віднесення систем до таких, що не поширюють вогонь поверхнею згідно із [11] та критерії, які доцільно передбачити для таких

систем, враховуючи при цьому пропонувані критерії для системи класифікації фасадних систем

в країнах ЄС [23], а також досвід випробувань ТОС в Україні.

Таблиця 2

Критерії для систем фасадної теплоізоляції, що не поширюють вогонь

Критерії згідно із [11]	Запропоновані критерії
1	2
ТОС не поширює вогонь, якщо не відбулося поширення полум'я по зовнішній поверхні ТОС та для всіх термопар, що розташовані усередині ТОС температура не перевищувала 400 °С	Збірна система фасадної теплоізоляції не поширює вогонь, якщо не відбулося вертикального та горизонтального поширення вогню по її зовнішній поверхні та в середині
Поширення полум'я зовнішньою поверхнею визначається за даними фото- відеозйомки шляхом фіксації поширення полум'я по зовнішній поверхні ТОС за межі безпосереднього контакту вогнища з ТОС	Поширення вогню зовнішньою поверхнею системи у вертикальному напрямку визначається: 1) за даними фото- відеозйомки шляхом фіксації вертикального поширення вогню по зовнішній поверхні системи за межі безпосереднього контакту вогнища з системою, а також вимірюванням температури біля поверхні системи на висоті 3,5 м над вогневою камерою, значення якої не повинні перевищувати 500 °С у будь-який момент часу випробування; 2) на зовнішній поверхні системи на висоті 3,5 м над вогневою камерою не повинно бути безперервного полуменевого горіння упродовж більше ніж 30 с та/або пошкоджень системи; 3) у верхній частині зразка (верхній торець системи) у будь-який момент часу випробування не повинно бути вогню
	Поширення вогню зовнішньою поверхнею системи у горизонтальному напрямку визначається: 1) за даними фото-відеозйомки шляхом фіксації горизонтального поширення вогню по зовнішній поверхні системи за межі безпосереднього контакту вогнища з системою, а також вимірюванням температури біля поверхні системи в крайніх лівих точках на стіні А, значення якої не повинні перевищувати 500 °С у будь-який момент часу випробування; 2) на правому та лівому краях системи на стіні А не повинно бути вогню у будь-який момент часу випробування
Поширення полум'я усередині ТОС визначається за значеннями температури на термопарах, розміщених усередині ТОС	Поширення вогню усередині системи у вертикальному напрямку визначається: 1) вимірюванням температури усередині системи над віконним прорізом, значення якої не повинні перевищувати 400 °С у будь-який момент часу випробування Поширення вогню усередині системи у горизонтальному напрямку визначається: 1) вимірюванням температури усередині системи з лівого краю на стіні Б, значення якої не повинні перевищувати 400 °С у будь-який момент часу випробування

З метою запровадження європейської практики щодо розширеної сфери застосування отриманих даних в ході проведення випробувань фасадних систем, доцільним є зазначити, що результати випробування не поширюються на збірні системи фасадної теплоізоляції, які мають конструктивні відмінності від збірної системи фасадної теплоізоляції, зразок якої було випробувано, крім таких:

– результати випробування поширюються на збірні системи фасадної теплоізоляції, в яких товщина шару утеплювача з теплоізоляційного матеріалу не більша за товщину шару утеплювача, який використовували у зразку для випробування;

– результати випробування поширюються на збірні системи фасадної теплоізоляції, в яких застосовують теплоізоляційний матеріал, що має значення густини за ДСТУ Б В.2.6-189 [24] питомої теплоти згоряння за ДСТУ EN ISO 1716 [8] не більші, а температуру займання за ДСТУ 8829 [7] не нижчу ніж у теплоізоляційного матеріалу, який використовували у зразку для випробування;

– результати випробування збірної системи фасадної теплоізоляції, в конструкції зразка якої використано протипожежний пояс та (або) обрамлення віконного прорізу на фасаді фрагмента будинку, виконані з негорючого теплоізоляційного матеріалу за ДСТУ 8829 [7], поширюються на

збірні системи фасадної теплоізоляції, в яких застосовують протипожежні пояси, що розташовані між собою на відстані не більше ніж 3,5 м, та (або) обрамлення віконних прорізів на фасаді фрагмента будинку, виконані з негорючого теплоізоляційного матеріалу за ДСТУ 8829 [7], **довжина, ширина і глибина** яких не менші ніж у протипожежного поясу та (або) обрамлення віконного прорізу, які використовували у зразку для випробування;

– результати випробування збірної системи фасадної теплоізоляції, в конструкції зразка якої використано **протипожежний пояс** та (або) обрамлення віконного прорізу на фасаді фрагмента будинку, виконані з негорючого теплоізоляційного матеріалу за ДСТУ 8829 [7], поширюються на збірні системи фасадної теплоізоляції, в яких застосовують протипожежні пояси, що розташовані між собою на відстані не більше ніж 3,5 м, та (або) обрамлення віконних прорізів на фасаді фрагмента будинку, виконані з негорючого теплоізоляційного матеріалу за ДСТУ 8829 [7], **густина** якого не менша ніж у теплоізоляційного матеріалу, який використовували у зразку для випробування;

– результати випробування збірної системи фасадної теплоізоляції, в конструкції зразка якої **використано протипожежний пояс** та (або) обрамлення віконного прорізу на фасаді фрагмента будинку, **не поширюються на збірні системи фасадної теплоізоляції без протипожежних поясів** та (або) обрамлення віконних прорізів;

– результати випробування, отримані із використанням зразка збірної системи фасадної теплоізоляції **без протипожежного поясу** та (або) обрамлення віконного прорізу, **поширюються на збірні системи фасадної теплоізоляції з протипожежним поясом** та (або) обрамленням віконного прорізу, виконані з негорючого теплоізоляційного матеріалу за ДСТУ 8829 [7].

Висновки. В результаті проведеного аналізу вимог пожежної безпеки збірних систем фасадної теплоізоляції зовнішніх стін будинків і споруд та методів їх оцінювання встановлено, що:

– незважаючи на відносно низьку частоту виникнення пожеж фасадів, як в Україні, так і у світі, проте пов'язані з ними наслідки, з точки зору масштабів пожеж, травм і загибелі людей, можуть бути значними;

– збірні конструкції фасадів, в яких застосовуються горючі теплоізоляційні утеплювачі та горючі опоряджувальні матеріали, підвищують ризик виникнення пожеж та поширювання вогню по поверхні будівель і споруд на значну площу.

В ході обґрунтування процедури і умов проведення випробувань збірних систем фасадної

теплоізоляції з опорядженням штукатурками та дрібноштучними елементами на поширення вогню:

– визначено граничні значення вологості деревини у модельному вогнищі пожежі, температури і вологості повітря зовні фрагмента будинку, за яких під час випробувань систем фасадної теплоізоляції на поширення вогню температурний режим у вогневій камері фрагмента будинку з пожежним навантаженням відповідає стандартному температурному режиму. Показано, що для створення цього режиму у приміщенні необхідно застосовувати деревину, яка має відносну вологість не більше ніж 15,0 %, і такі умови проведення випробувань: температура повітря має бути не менше ніж 5 °С, відносна вологість повітря має бути не більше ніж 85 %;

– обґрунтовано параметри випробувального обладнання і процедуру проведення випробувань збірних систем фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками на поширення вогню;

– обґрунтовано тривалість випробування, яка становить 30 хв, виходячи із максимального значення нормованої межі вогнестійкості для зовнішніх не несучих стін, згідно з вітчизняними будівельними нормами;

– показана необхідність поділу систем фасадної теплоізоляції на такі два класи: “збірна система фасадної теплоізоляції, що не поширює вогонь” та “збірна система фасадної теплоізоляції, що поширює вогонь”, при цьому, з метою підвищення достовірності результатів випробувань, запропоновано деталізовані критерії оцінювання;

– встановлено правила визначення розширеної сфери застосування результатів випробувань збірної системи фасадної теплоізоляції.

Список літератури:

1. Обґрунтування умов і процедури натурних вогневих випробувань теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін будинків і споруд на поширення вогню («фасади – натурні випробування»): звіт про НДР (остаточний) / Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (ІДУ НД ЦЗ); кер. Т.М. Скоробагатько; викон.: О.В. Добростан [та ін.]. К., 2020. 230 с. № держреєстрації 0119U102437.

2. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. К.: Мінрегіон України, 2017. 35 с.

3. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. К.: Мінрегіон України, 2018. 19 с.

4. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. [Чинний від 2009-06-01]. К.: Мінрегіонбуд, 2009. 19 с.

5. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків

- і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови. [Чинний від 2009-06-01]. К.: Мінрегіонбуд, 2009. 35 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. Чинний від 2009-06-01. К.: Мінрегіонбуд, 2009. 43 с.
7. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 146 с.
8. ДСТУ EN ISO 1716:2019 Випробування виробів щодо реакції на вогонь. Визначення величини теплоти згоряння (теплотворна здатність) (EN ISO 1716:2018, IDT; ISO 1716:2018, IDT). [Чинний від 2020.01.01]. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 25 с.
9. ДСТУ EN ISO 1182:2016 Випробування виробів щодо реакції на вогонь. Випробування на негорючість (EN ISO 1182:2010, IDT). [Чинний від 2016-09-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 40 с.
10. ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) Захист від пожежі. Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість. [Чинний від 1998-01-01]. К.: Держкоммістобудування України, 1997. 34 с.
11. Методика натурних вогневих випробувань теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін будинків і споруд на поширення вогню. К.: УкрНДПБ МНС України, 1999, 2010. 18 с.
12. ДСТУ Б В.1.1-4-98* Захист від пожежі. Будівельні конструкції Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. [Чинний від 1999-03-01]. К.: Державний комітет будівництва, 1998. 47 с.
13. ДСТУ Б В.1.1-21-2009 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Метод великомасштабних вогневих випробувань (ISO 13785-2:2002, MOD). [Чинний від 2009-08-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 24 с.
14. ДСТУ Б В.1.1-22-2009 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Метод середньомасштабних вогневих випробувань (ISO 13785-1:2002, MOD). [Чинний від 2009-08-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. 15 с.
15. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд. Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 року № 1764.
16. Яковчук Р., Кузик А., Ємельяненко С. і Скоробагатко Т. Механізм поширення пожежі поверхнею конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з горючим утеплювачем та опорядженням штукатуркою. Пожежна безпека. 2019. №34. С. 96-103. doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.34.2019.16.
17. Ballo Y., Yakovchuk R., Nizhnyk V., Borysova A. Determining the effect of fire from external air conditioning units on buildings' façades. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022, 3 (10 (117)), 72–79. DOI: doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259533.
18. Яковчук Р.С. Дослідження впливу зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій на поширення вогню поверхнею стін із фасадною теплоізоляцією. Пожежна безпека, 2021. №38, С. 38-48. doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.38.2021.06.
19. Балло Я. В., Яковчук Р. С., Кагітін О. І., Стилик І. Г. Аналіз основних методів оцінювання поширення пожежі по фасадах будівель. Пожежна безпека, 2022, №41, С. 20-30. doi.org/10.32447/20786662.41.2022.03.
20. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі. Зміна № 1 (EN 1991-1-2:2002, IDT+EN 1991-1-2:2002/AC:2013, IDT+NA:2013). [Чинний від 2014-07-01]. К.: Мінрегіон України, 2013. 59 с.
21. Новак С.В., Згуря В.І., Мазілін О.М., Папуша Р.Г. Застосування модельних вогнищ пожежі із деревини для забезпечення стандартного температурного режиму в приміщеннях. Науковий Вісник УкрНДПБ. К.: УкрНДПБ, 2009. №2(20). С. 99-105.
22. ДСТУ Б В.1.1-18:2007 Споруди та фрагменти будівель. Метод натурних вогневих випробувань. Загальні вимоги. [Чинний від 2008-04-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2007. 16 с.
23. Циганков, А., Ніжник, В., Фешук, Ю., Балло, Я. Аналіз європейського досвіду нормування вимог до конструкцій фасадної теплоізоляції в будівлях. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2021 (1(11), 11–21. doi.org/10.33269/nvcz.2021.1(11).11-21.
24. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків. Чинний від 2014-01-01. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 48 с.

References:

1. Substantiation of conditions and procedure for full-scale fire tests of thermal insulation and finishing systems of external walls of buildings and structures for fire spread ("facades - full-scale tests"): report on research (final) / Institute of Public Administration and Scientific Research of Civil Protection (IPA SRC); supervisor T.M. Skorobahatko; executor: O.V. Dobrostan [et al. K., 2020. 230 с. State registration number 0119U102437.
2. DBN V.1.1-7:2016 Fire safety objects of construction. General requirements. (2016). Kiev:

Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine (in Ukr.).

3. DBN V.2.6-33:2018 Constructions of heat insulated external walls. Requirements for the designing. (2018). Kiev: "Ukrarkhbudinform" (in Ukr.).

4. DSTU B V. 2.6-34:2008 Constructions of houses and buildings. Constructions of external walls with front thermal insulation. Classification and general technical requirements. (2009), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

5. DSTU B V. 2.6-35:2008 Constructions of houses and buildings. Exterior wall constructions with facade thermal insulation and finishing with industrial elements with ventilated air layer. General technical conditions (2009), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

6. DSTU B V. 2.6-36:2008 Construction of buildings and structures. Construction of the external walls with facade insulations and plaster. General technical requirements (2009), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

7. DSTU 8829:2019 Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their definition. Classification. (2019). (in Ukr.).

8. DSTU EN ISO 1716:2019 Testing products for reaction to fire. Determination of the calorific value (heating value) (EN ISO 1716:2018, IDT; ISO 1716:2018, IDT). (2019), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

9. DSTU EN ISO 1182:2016 Testing of products for reaction to fire. Tests for non-combustibility (EN ISO 1182:2010, IDT). (2016), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

10. DSTU B V.1.1-2-97 Fire protection. Building materials. Flammability test method. (1997). (in Ukr.).

11. Procedure of fire tests of heat insulating and finishing façade systems for the external walls of buildings and constructions for fire spread, developed by UkrFSRI of the MOE of Ukraine, 2010.

12. DSTU B V.1.1-4-98* Fire protection. Building structures Methods of fire resistance testing. General requirements. - Valid from 1999-03-01. K.: State Committee of Construction, 1998. 47 p.

13. DSTU B V.1.1-21-2009 Constructions of external walls with front thermal insulation. Large-scale fire test method (ISO 13785-2: 2002, MOD). (2009), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

14. DSTU B V.1.1-22-2009 Constructions of external walls with front thermal insulation. Medium-scale fire test method (ISO 13785-1: 2002, MOD). (2009), Kiev: Minrehionbud (in Ukr.).

15. Technical Regulations for Construction Products, Buildings and Structures. Approved by

Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of December 20, 2006, No. 1764.

16. Yakovchuk, R., Kuzyk, A., Yemelyanenko, S., & Skorobagatko, T. (2019). Fire spread mechanism on surface of construction fit with façade heat insulation based on combustible insulant and finished with plaster. *Fire Safety*, (34), pp. 96-103. (in Ukr.) doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.34.2019.16.

17. Ballo Y., Yakovchuk R., Nizhnyk V., Borysova A. (2022). Determining the effect of fire from external air conditioning units on buildings' façades. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 72–79. doi: doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259533.

18. Yakovchuk, R. (2021). Study of the effect of external vertical enclosing structures on the spread of fire through the surface of walls with facade thermal insulation. *Fire safety*, 38, 38-48. doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.38.2021.06.

19. Ballo, Y., Yakovchuk, R., Kahitin, O., & Stylik, I. (2022). Analysis of the main methods for assessing the spread of fire along building facades. *Fire safety*, 41, 20-30. doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.41.2022.03.

20. DSTU-N B EN 1991-1-2:2010 Eurocode 1: Effects on structures. Part 1-2. General actions. Actions on structures in case of fire. Amendment No. 1 (EN 1991-1-2:2002, IDT+EN 1991-1-2:2002/AC:2013, IDT+NA:2013). Effective from 2014-07-01. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2013. 59 p.

21. Application of model fire foci made of wood to ensure a standard temperature regime in the premises / S.V. Novak, V.I. Zgurya, O.M. Mazilin, R.G. Papusha // *Scientific Bulletin of UkrNDIPB. K.: UkrNDIPB, 2009. №2(20). C. 99 - 105.*

22. DSTU B V.1.1-18:2007 Structures and fragments of buildings. Method of full-scale fire tests. General requirements. Valid from 2008-04-01. K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2007. 16 p.

23. Tsygankov, A., Nizhnyk, V., Feshchuk, Y., & Ballo, J. (2021). Analysis of the European experience of standardization of requirements for facade insulation structures in buildings. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, (1(11), 11-21. doi.org/10.33269/nvez.2021.1(11).11-21.

24. DSTU B B.2.6-189:2013 Methods of selection of heat-insulating material for building insulation. Effective from 2014-01-01. K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2013. 48 p.

© О. І. Кагітін, Р. Б. Веселівський, 2023.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 22.11.2023.

Прийнято до публікації 06.12.2023.